

早稲田大学大学院 理工学研究科

博 士 論 文 概 要

論 文 題 目

パターン認識技術に基づく
コンテキスト利用型
ユビキタスサービスシステムの研究

Study of ubiquitous service systems
based on context-awareness
with pattern recognition techniques

申 請 者

磯 俊樹

Toshiki Iso

2007 年 12 月

近年、有線無線を問わずネットワークの高速化・広帯域化やセンサの小型化・高精度化、さらには、コンピューティング能力の高性能化が目覚ましい。特に携帯電話機が多機能化は著しく、単なるコミュニケーションツールとしてではなく、“生活ケータイ”として、一人が一台を常に携帯する生活必需品となっている。これらの技術革新は、あらゆるものにコンピュータが埋め込まれていて様々な情報が利用できる環境、すなわちユビキタスコンピューティングの整備を加速している。この環境を利用したサービス(ユビキタスサービス)は以下の特徴を有する。

- ・ Naturalness：ユーザに不自然さを意識させないサービス
- ・ Mobility：いつでも、どこでも、だれでも利用できるサービス
- ・ Context-Awareness：ユーザや環境の状況(コンテキスト)に応じたサービス

このユビキタスサービスの中で最も特徴的なコンテキスト利用型ユビキタスサービスに着目し、これを実現するために必要となるコンテキスト獲得方式について議論する。ここで、コンテキスト利用型ユビキタスサービスは、実世界を構成する基本要素である“人”と“モノ(環境)”に着目すると、それらが相互にインタラクションする場合によって4つのサービス種別、Pull型(人からモノ(環境)へ)、Pier-To-Pier型(人から人へ)、Push型(モノ(環境)から人へ)、Self-Contained型(自分から自分自身へ)に分類できる。本研究の主要な課題は、ユビキタスサービスの特徴であるNaturalness、Mobility、Context-Awarenessの要件を満たすためにユビキタス環境下でシステムに要求されるコンテキスト獲得方式の4つ条件、すなわち、「ヒューマンインタフェースの簡易性」、「実環境に対するロバスト性」、「学習の柔軟性」、「リアルタイム性」を解決することにある。これらの課題に対して、センサ情報、特にカメラから得られる画像情報に基づくパターン認識技術の特性を考慮し適用することで、コンテキスト利用型ユビキタスサービスの要求条件を満たすコンテキスト獲得方式を構築することが基本的なアイデアである。

まず、Pull型サービス実現のためのコンテキスト獲得方式として、「ヒューマンインタフェースの簡易性」ならびに「実環境に対するロバスト性」のために読み取り方向にロバストな認識方式を、また、「学習の柔軟性」のために人の感性・感覚に基づく主観評価尺度の学習方式を提案する。

次に、Pier-To-Pier型サービス実現のためのコンテキスト獲得方式として、「ヒューマンインタフェースの簡易性」、「実環境に対するロバスト性」ならびに「リアルタイム性」のために照明条件に対してロバストな動物体検出方式と動物体検出に最適な視覚センサ選択方式を提案する。

また、Push型サービス実現のためのコンテキスト獲得方式として、「ヒューマンインタフェースの簡易性」、「実環境に対するロバスト性」ならびに「リアルタイム性」のために顔の向きや照明変動にロバストな特徴抽出方式を提案する。

そして、Self-Contained型サービス実現のためのコンテキスト獲得方式として、

「ヒューマンインタフェースの簡易性」ならびに「実環境に対するロバスト性」のために携行方法にロバストな歩行状態検出方式を提案する。

第1章では、本論文の序章として、本研究の背景および位置付けを明らかにし、解決すべき課題を述べる。

第2章では、Pull型サービス実現のためのパターン認識技術に基づいたコンテキスト獲得方式として、携帯電話機搭載カメラを用いて実世界のモノを認識するためのシステムについて述べる。このシステムは、モバイル環境下で任意視点から撮影された画像からでも、モノに添付されたIDタグを読み取ることが可能である。これは、IDタグ“Visualltag”とその読取方式“Visualltag Reader”からなる。Visualltagは、視点方向に依存しない不変特徴量（幾何学的不変量）に基づいて生成されるIDタグである。また、Visualltag Readerは、抽出される複数の画像特徴量の整合性を考慮することでIDタグの領域を抽出し、局所領域ごとの色補正処理を施すことで照明条件にロバストなID読取を実現する。実際に構築したプロトタイプを用いた実環境での評価実験により、本手法が携帯電話機搭載カメラで撮影した静止画像だけでなくテレビ電話モードで撮影した低画質の映像に対してもロバストなID読取が実現できることを述べる。

第3章では、前章で提案したモバイル環境下でロバストなID読取技術を用いたユビキタスサービスシステムの実例として、携帯電話機を用いて現実世界のモノからユビキタスサービスが享受できるIMT-2000端末向きユビキタスサービス提供システムについて述べる。このシステムは、ネットワークサービスのインフラストラクチャであるUbiquitous Discovery Service (UDS)プラットフォームに基づいて構築してある。このシステムはIMT-2000端末のテレビ電話モードでも利用でき、ユーザが上り回線から随時送信する現実世界の映像を解析した結果とユーザの状況に基づいて最適な映像コンテンツを検索し、それを下り回線を介して再生するものである。ここでは、UDSプラットフォームを中心にシステムを紹介し、実際にプロトタイプシステムを用いたフィールド実験による実環境下での可用性について述べる。

第4章では、Pull型サービス実現のためのパターン認識技術に基づいたコンテキスト獲得方式として、人間の感覚尺度に基づいた目の形態分類システムについて述べる。このシステムは、主観評価のゆらぎにロバストな学習機能を有する。はじめに、目の形態についての主観評価実験により人間が目の形態を分類する際の分類基準が、“好感度度合”、“鋭さ度合”、“迫力度度合”の3種の形態分類量であることを示す。そして、この3種の目の形態分類量を教師信号とし、18種の目の物理的特徴量を入力とする人間の主観尺度を反映した目の形態分類ニューラルネットワークについて述べる。また、k近傍内挿学習法を用いることで汎化能力を有するニューラルネットワークが構築できることについても述べる。

第5章では、Pier-To-Pier型サービス実現のためのパターン認識技術に基づい

たコンテキスト獲得方式として、室内に配置されたセンサネットワークを利用したハンズフリーテレビ電話システムについて述べる。このシステムは、家の中で拘束されることなくハンズフリーで歩き回りながらユーザがテレビ電話を享受することを可能とする。また、視覚センサとして用いる魚眼レンズカメラはユーザの動きを検出するセンサとしてだけでなく、ユーザを撮影する映像獲得装置としても利用するので、床センサや超音波センサなど高価なセンサを多数必要とする方式に比べて安価に実現できる。本システムは、複数のステレオ視差情報の変動に基づきユーザの動きを検出する照明変動にロバストな動物体検出アルゴリズムと、魚眼レンズの光学特性を考慮した評価関数に基づくカメラ選択アルゴリズムを特徴とする。前者は照明変動にロバストなユーザトラッキングが可能であり、また、後者は有効解像度が高い映像を生成することが可能である。実際に構築したプロトタイプシステムによる可用性の評価結果について述べる。

第6章では、Push型サービス実現のためのパターン認識技術に基づいたコンテキスト獲得方式として、リアルタイム処理可能な不審人物検出システムについて述べる。このシステムは、高速化のための並列処理が可能な画像処理技術のみを用いて顔の向きや照明変動にロバストな特徴抽出機能を有する。本手法は、カメラ画像から入室者の顔領域を抽出する段階と、抽出された顔領域を空間周波数面上で解析することで不審人物か否かを判定する段階からなる。顔領域抽出段階では、複数の辞書を用いた多重解像度テンプレートマッチングを導入し、正規化主成分特徴量を加味した評価尺度を用いることで、顔の向きと大きさにロバストな抽出を実現する。また、不審人物判定段階では、抽出された顔領域のフーリエ係数をデータベースにある正常顔の係数と比較することで判定する。実際に構築したシステムによる可用性の評価結果について述べる。

第7章では、Self-Contained型サービス実現のためのパターン認識技術に基づいたコンテキスト獲得方式として、センサの携行方法に依存しない歩行状態識別システムについて述べる。このシステムは、携帯電話機に搭載した3軸加速度センサ情報だけを利用して、歩行や走行だけでなく階段の昇降状態や早歩きも識別することが可能である。本方式は、大別すると2つのアルゴリズムからなる。一つは、加速度センサからの情報をWavelet Packet解析することでユーザ特有な歩行状態を識別するために必要な特徴量を抽出するアルゴリズムである。もう一つは、実測データと、その回転変換から得られる擬似データを用いた競合学習により得られる自己組織化マップに、歩行状態出現確率を加味することで携行方法に依存することなく歩行状態を識別するアルゴリズムである。実際に構築したプロトタイプシステムによる可用性の評価結果について述べる。

第8章は、結言であり、以上の章で示した本研究の成果についてまとめ、ユビキタスサービスを実現するために必要となるパターン認識技術に基づくコンテキスト獲得方式の今後の課題ならびに展望を述べる。

早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

氏 名 磯 俊樹 印

(2007 年 10 月 現在)

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
論文	Hands-Free Video Phone System Based on Visual Sensor Networks、映像情報メディア学会誌、Vol. 60、No. 9、pp.1443 - 1451 (2006 年 9 月) T. Iso、H. Suzuki、A. Tomioka、S. Kurakake
論文	携帯電話機搭載カメラを用いた読み取り条件にロバストな ID 読み取り方式、電子情報通信学会論文誌 D-II 、Vol. J87-D2 No.12 pp.2188 -2197 (2004 年 12 月) 磯 俊樹、倉掛正治、杉村利明
論文	自動監視システムのための顔分類方法、画像電子学会論文誌、第 25 巻、第 4 号、pp. 328 - 338 (1996 年 4 月) 磯 俊樹、渡部保日児、下原勝憲
論文	人間の主観評価を加味した目の形態分類ニューラルネットの検討、テレビジョン学会、Vol. 49、No. 8、pp.1052 - 1059 (1995 年 8 月) 磯 俊樹、崎田一貴、大塚作一、小杉信
論文	Hands-Free Video Phone System Based on Visual Sensor Networks、Information and Media Technologies、Vol. 2、No. 1、pp.191 - 199 (2007 年 3 月) Toshiki Iso、Hiroki Suzuki、Atsuki Tomioka、Shoji Kurakake
論文	Gait analyzer based on a cell phone with a single three-axis accelerometer、ACM the 8th conference on Human-computer interaction with mobile devices and services (MobileHCI2006)、Espoo(Finland)、pp.141 --144 (2006 年 9 月) T. Iso、K. Yamazaki
論文	EXTRACTING PERSONAL USER CONTEXT WITH A THREE-AXIS SENSOR MOUNTED ON A FREELY CARRIED CELL PHONE、INSTICC the International Conference on Signal Processing and Multimedia Applications 2006 (SIGMAP2006)、Setubal(Portugal)、pp.224 --231 (2006 年 8 月) T. Iso、K. Yamazaki
論文	Personal Context Extractor with Multiple Sensors on a Cell Phone、Seventh IFIP International Conference on Mobile and Wireless Communication Networks (MWCN2005)、Marrakech(Morocco)、(2005 年 9 月) T. Iso、N. Kawasaki、S. Kurakake
論文	Intelligent Visual Sensor Networks for Person Tracking、IEEE 4th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications(ISDA2004) 、Budapest(Hungary)、pp.731 - 736 (2004 年 8 月) T. Iso、S. Kurakake

早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
論文	Ubiquitous Discovery Service Platform for Mobile Applications via a Cell Phone、 Joint IST Workshop on Mobile Future & Symposium on Trends in Communication(SympoTIC 03) Bratislava(Slovakia)、 pp.5 8 (2003年10月) T.Iso 他6名
論文	VISUAL-TAG READER:IMAGE CAPTURE BY CELL PHONE CAMERA、 IEEE International Conference on Image Processing2003 (ICIP2003)、 Barcelona(Spain)、 Vol. III、 pp.557 - 560、 (2003年9月) T.Iso、 S.Kurakake、 T.Sugimura
論文	Ubiquitous Video Streaming System with a Cell Phone Camera、 IEEE Pacific Rim Conference on Communications、 Computers and Signal processing (PACRIM'03)、 Victoria(Canada)、 Vol. I、 pp. 189--192 (2003年8月) T. Iso、 K.Otsuji、 H.Suzuki、 S.Kurakake、 T.Sugimura
論文	Human Face Classification for Security System、 IEEE International Conference on Image Processing'96 (ICIP 96)、 Lausanne(Switzerland)、 Part III (1996年9月) T.Iso、 Y.Watanabe、 K.Shimohara
論文	その他、関連外ジャーナル論文2件、国際会議1件
総説	センサ搭載型携帯電話機を用いた歩行状態計測システム、月刊 MATERIAL STAGE、Vol.7、 No.7、 pp.25-29 (2007年10月) 磯 俊樹
総説	画像処理技術を利用した携帯電話向けアプリケーションの現状と今後、映像情報メディア学会、Vol.58、 No.7、 pp.884-888 (2004年7月) 津田雅之、磯 俊樹
総説	Platform Technology for Ubiquitous Services、 NTT DoCoMo Technical Journal、 Vol. 5、 No. 1、 June、 pp.43 52 (2003年6月) T. Iso、 Y. Isoda、 K. Otsuji、 H. Suzuki、 S. Kurakake and T. Sugimura
総説	Platform Technology for Ubiquitous Services、 NTT Technical Review、 Vol. 1、 No. 8、 November、 pp.82 88 (2003年11月) T. Iso、 Y. Isoda、 K. Otsuji、 H. Suzuki、 S. Kurakake and T. Sugimura
総説	ユビキタスサービスのための情報基盤技術、NTT DoCoMo テクニカル・ジャーナル、Vol. 11、 No. 1、 pp.38 48、 (2003年1月) 磯 俊樹、磯田佳徳、大辻清太、鈴木裕紀、倉掛正治、杉村利明
総説	ユビキタスサービスのための情報基盤技術、NTT 技術ジャーナル、Vol. 15、 No. 9、 pp.61 65、 (2003年9月) 磯 俊樹、磯田佳徳、大辻清太、鈴木裕紀、倉掛正治、杉村利明

早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
講演	モバイル環境下における携帯端末を用いた ID 読取方式の検討、電子情報通信学会パターン認識・メディア理解研究技術報告、那覇、PRMU2002-145、pp 99-104、(2002 年 12 月)、磯 俊樹、倉掛正治、杉村利明
講演	監視システムのための不審人物自動検出方法、第 2 回画像センシングシンポジウム、横浜、pp.167-172、(1996 年 6 月)、磯 俊樹、渡部保日児、曾根原 登
講演	目の分類を行うニューラルネットの検討、電子情報通信学会パターン認識理解研究技術報告、東京、PRU90-95、pp.65-72、(1990 年 12 月)、磯 俊樹、崎田一貴、大塚作一、小杉 信
講演	ニューラルネットを用いた目の形状分類に関する検討、1990 年電子情報通信学会秋季全国大会、広島、D-406、(1990 年 9 月)、磯 俊樹、崎田一貴、小杉 信
講演	目の特徴表現に関する心理要因の検討、1990 年電子情報通信学会春季全国大会、東京、D-543、(1990 年 3 月)、磯 俊樹、大塚作一、小杉 信
講演	その他 研究会・シンポジウム 3 件、 全国大会 1 件
その他	センサ搭載型携帯電話機による歩行状態検出システムおよび方法、特願 2006-66185、(2006)、磯 俊樹、山崎憲一
その他	複軸センサからの特定信号パターン検出システムおよび方法、特願 2006-66184、(2006)、磯 俊樹、山崎憲一
その他	特定信号パターン検出システムおよび方法、特願 2005-142920、(2005)、磯 俊樹、川崎紀宏、倉掛正治
その他	個人適応型コンテキスト獲得システムおよび方法、特願 2004-322446、(2004)、磯 俊樹、倉掛正治
その他	携帯端末、及び、個人適応型コンテキスト獲得方法、特願 2004-322466、(2004)、磯 俊樹、倉掛正治
その他	カメラ選択装置、及びカメラ選択方法、特願 2004-071585、(2004)、磯 俊樹、富岡淳樹、鈴木裕紀、倉掛正治
その他	動物体検出装置、及び動物体検出方法、特願 2004-071570、(2004)、磯 俊樹、倉掛正治
その他	国内特許 主著 15 件 共著 11 件 外国特許 主著 2 件、 共著 5 件